



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

JOBSON LUCAS DIAS DA SILVA

**TESTAM-ME LOGO APRENDO:
PROPOSIÇÕES PARA FORMULAÇÃO DE UM PLANO
PEDAGÓGICO FOCADO EM TESTES VOLTADO AO ENSINO DE
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

CAMPINA GRANDE - PB

2019

JOBSON LUCAS DIAS DA SILVA

TESTAM-ME LOGO APRENDO:

**PROPOSIÇÕES PARA FORMULAÇÃO DE UM PLANO
PEDAGÓGICO FOCADO EM TESTES VOLTADO AO ENSINO DE
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciência da Computação do Centro de
Engenharia Elétrica e Informática da
Universidade Federal de Campina
Grande, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciência
da Computação.**

Orientador: Professor Dr. Marcelo Alves de Barros.

CAMPINA GRANDE - PB

2019



S586s Silva, Jobson Lucas Dias da.
Testam-me logo aprendo : proposições para formulações de um plano pedagógico focado em testes voltado ao ensino de Ciência da Computação. / Jobson Lucas Dias da Silva. - 2019.

10 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves de Barros.

Trabalho de Conclusão de Curso - Artigo (Curso de Bacharelado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

1. Ensino ativo. 2. Ensino focado em testes. 3. Educação em Ciência da Computação. 4. Ensino de Ciência da Computação. 5. Aprendizagem em Ciência da Computação. 6. Psicologia Cognitiva. I. Barros, Marcelo Alves de. II. Título.

CDU:004(045)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

JOBSON LUCAS DIAS DA SILVA

TESTAM-ME LOGO APRENDO:

**PROPOSIÇÕES PARA FORMULAÇÃO DE UM PLANO
PEDAGÓGICO FOCADO EM TESTES VOLTADO AO ENSINO DE
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**Trabalho de Conclusão Curso
apresentado ao Curso Bacharelado em
Ciência da Computação do Centro de
Engenharia Elétrica e Informática da
Universidade Federal de Campina
Grande, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Ciência
da Computação.**

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Marcelo Alves de Barros
Orientador – UASC/CEEI/UFCG**

**Professor Dr. Jorge César Abrantes de Figueiredo
Examinador – UASC/CEEI/UFCG**

**Professor Dr. Tiago Lima Massoni
Examinador – UASC/CEEI/UFCG**

Trabalho aprovado em: 02 de julho de 2019.

CAMPINA GRANDE - PB

Testam-me, logo aprendo.

Proposições para formulação de um plano pedagógico focado em testes voltado ao ensino de Ciência da Computação.

Jobson Lucas Dias da Silva
Departamento de Sistemas e
Computação
Universidade Federal de Campina
Grande
Campina Grande Brasil
jobson.silva@ccc.ufcg.edu.br

Marcelo Alves de Barros
Departamento de Sistemas e
Computação
Universidade Federal de Campina
Grande
Campina Grande Brasil
mbarros@computacao.ufcg.edu.br

ABSTRACT

É comum a visão de que testes servem apenas para mensurar aprendizado e que aprendizagem acontece apenas durante o estudo, sem contar a forma predominante de transmissão de conteúdo que seria através de aulas expositivas, inclusive na área de Ciência da Computação. Como resultado, temos um processo de ensino que, por vezes, vai de encontro ao funcionamento biológico do cérebro, ao afirmar, por exemplo, que testes possuem um papel neutro no processo de aprendizagem (i.e. só se aprende durante o estudo). Nesse sentido, este trabalho descreverá proposições sobre testes e estratégias para as aulas baseadas na psicologia cognitiva, de modo a melhorar o processo de ensino em tópicos da Ciência da Computação (e.g. Algoritmos e Estrutura de Dados). Caso os docentes adotem essas estratégias, tanto a retenção dos conteúdos no longo-prazo quanto a aprendizagem dos discentes podem aumentar.

KEYWORDS

Ensino Ativo, Ensino Focado em Testes, Educação em Ciência da Computação.

1 Introdução

Na educação, testes são uma ferramenta para mensurar quão bem os alunos absorveram o conteúdo um determinado tópico [13-15]. Em Ciência da Computação, não seria diferente. Porém, essa visão aponta para um reducionismo do papel dos testes em uma experiência de ensino-aprendizagem e para a subutilização das oportunidades trazidas pelos momentos de aplicação do conhecimento. Além de testes, outros conceitos estão envolvidos no processo de aprendizagem, como o de evocação (do inglês Retrieval), que é o meio pelo qual alguém restabelece uma informação na mente consciente [13-15] e os limites na capacidade de armazenamento da chamada memória de trabalho, que é onde as informações são armazenadas, de forma provisória, ao longo do dia e só após o processo de consolidação podem ser transferidas para a memória de longo-prazo [11-12].

Além dos aspectos cerebrais envolvidos, é importante estar atento ao modelo de ensino que vai ser adotado para transmissão dos conteúdos e em qual momento essa informação será apresentada aos alunos. Em Ciência da Computação, a forma

predominante ainda é o ensino através da chamada metodologia tradicional, que consiste em aulas presenciais e teóricas centradas na figura do professor, que irá apresentar a informação com pouca ou nenhuma participação dos alunos [1].

Considerando a visão comum na educação de que testes servem apenas como ferramenta de avaliação no processo de ensino-aprendizagem e o modelo tradicional sendo o predominante no que se refere ao ensino dos tópicos relativos à Ciência da Computação, este trabalho tem por objetivo discutir o que a literatura científica fornece sobre a importância dos testes, sobre a quantidade de informações que o cérebro é capaz de armazenar na memória de trabalho e a comparação entre modelos pedagógicos que podem ser usados por professores de cursos da área da Computação. Além disso, definimos proposições que podem ser usadas por professores na hora da formulação do plano pedagógico para o curso a ser ministrado, junto a um exemplo de como seria a aplicação prática dessas proposições.

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 apresentamos a metodologia utilizada para realizar o estudo; na seção 3 realizamos uma revisão da literatura sobre a utilidade de testes para o aprendizado, modelos de ensino e os limites da memória; na seção 4 apresentamos proposições baseadas nos conceitos e estudos discutidos na seção 3; na seção 5 discutimos os pontos fortes e fracos das proposições da seção 4 e por fim, na seção 6, apresentamos nossas conclusões e indicamos trabalhos futuros.

2 Materiais e Métodos

2.1 - Questões de Pesquisa

Para identificação dos estudos relativos à psicologia e educação, foram levantadas as seguintes questões de pesquisa: questão 1 - quais conceitos da psicologia relativos à aprendizagem e à memória estão envolvidos em uma experiência de ensino-aprendizado dentro e fora de sala de aula tanto utilizando abordagens centradas no aluno quanto centradas no professor? E a questão 2 - como esses conceitos da psicologia podem ser aplicados na formulação de um plano pedagógico de um curso de Estrutura de Dados e Algoritmos?

2. 2 – Estratégia de Busca e Seleção de Fontes

Para responder as questões de pesquisa, é necessário obter evidências da literatura científica sobre a temática em questão. Para isso, é preciso selecionar um conjunto de fontes que sirvam de base para as respostas.

Considerando a vastidão da WEB, foi definido que o idioma das fontes deverá ser o Inglês e o motor de busca utilizado será Google Scholar, tendo em vista que ele indexa artigos das mais diversas bases científicas e tem um sistema de ranking baseado na relevância dos trabalhos em termos de citações e impacto. Também é importante definir os tipos de estudos considerados: publicações em conferências, periódicos e revistas científicas.

Nesse sentido, a partir das questões de pesquisa foram definidas as seguintes strings de busca para coletas de estudos: “Chunks and Working Memory”, “Active Learning”, “Learn Before Lecture”, “Comparing Lectures”, “Testing Effect”, “Retrieval and Learning”.

2. 3 – Critérios para Inclusão e Exclusão

Os resultados obtidos seguindo a estratégia de busca são considerados estudos primários.

Utilizamos os critérios para exclusão, além de regras de decisão (RD) para inclusão ou não de determinado estudo. Os critérios de exclusão são: o artigo não tem um resumo (abstract); a publicação é apenas um resumo (abstract); a publicação é um livro ou capítulo de um livro; o título e o abstract não mencionam nenhuma das strings de busca definidas ou o tema definido pela string de busca; o artigo não é um estudo primário (tais como editoriais, summaries of keynotes, tutorials); não foi possível obter acesso ao artigo por completo; artigo duplicado (será excluído uma das ocorrências).

Com relação às regras de decisão para inclusão, temos os seguintes itens: item 1 - O estudo aborda, de forma explícita e primária, alguma das strings de busca no título ou abstract. Quando não for possível determinar se o artigo deverá ser incluído tendo sido lidos o título e o abstract, será feita a leitura da conclusão; item 2 - O estudo deve aparecer na primeira página do motor de busca utilizado quando pesquisado pelas strings de busca e ordenado por relevância; item 3 - O estudo foi feito utilizando cursos relativos às Ciências Exatas (e.g. Engenharias, Ciência da Computação, Matemática etc).

Para que um estudo seja incluído, é necessário que ele obtenha pontuação maior ou igual a dois pontos. As gradações possíveis com relação à adequação aos itens são as seguintes: 1 – Sim, 0,5 – Parcialmente, 0 – Não.

A partir das strings de buscas definidas e utilizando o critério de inclusão referente a considerar apenas os artigos da primeira página do resultado ordenado por relevância, temos uma pré-seleção de um total de 60 artigos. Ao final, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 45 dos 60 foram removidos. Assim sendo, temos 15 artigos selecionados.

O mapeamento sistemático será usado para responder à questão 1 de pesquisa. Já a questão 2 de pesquisa será respondida através de proposições na seção Propostas.

3 Revisão da Literatura

3. 1 - Modelo de Ensino Tradicional

Uma das práticas de ensino escolhidas para transmissão dos conhecimentos nos cursos de Ciência da Computação são as aulas presenciais, que caracteriza o chamado Modelo de Ensino Tradicional. Nessas aulas, é seguida uma abordagem centrada no professor, o qual é detentor do saber, e os alunos assumem o papel de ouvintes, absorvendo o que é dito de forma passiva, ou seja, sem ênfase em pensar de forma crítica sobre o assunto que está sendo abordado.

Por ser centrada no professor, a abordagem tradicional de ensino também se caracteriza por ser centrada no conteúdo, ou seja, a ênfase está em apresentar as informações, além de ter pouca ou nenhuma interação com os alunos, predominando perguntas retórica, numerosas ilustrações e ausência de avaliação ou conexão daquilo que está sendo dito com outros tópicos [1].

3. 2 - Modelo de Ensino Ativo (Active Learning)

O Modelo de Ensino Ativo é um método de ensino centrado em promover a participação ativa dos alunos durante as aulas [2], fazendo-os refletir sobre o que foi exposto. Por ser voltada à participação ativa dos alunos, essa prática possibilita a criação de um ambiente e de um conjunto de dinâmicas (e.g. discussões e resolução de problemas em grupos) que acrescenta um diferencial à sala de aula, como por exemplo, baixar a taxa de reprovação e melhorar as notas dos alunos, como mostra [3] em um estudo envolvendo alunos de engenharia. Esse método é uma alternativa ao ensino tradicional [2].

No entanto, para que a aula seja centrada no aluno, ela deve primar pelo engajamento deles. Uma forma de fazer isso seria através de pausas de até dois minutos em momentos-chave durante a aula para possibilitar aos alunos discutirem com seus pares suas anotações e esclarecerem pontos que ficaram mal compreendidos. Essa estratégia é capaz de potencializar a retenção no curto e no longo prazo [2].

Como o protagonismo na aula presencial será do aluno, isso sugere que o contato mais profundo com a informação deve ser feito em outra ocasião, i.e. em um momento fora da sala de aula. Uma possibilidade seria ser feito antes da aula, em casa, de modo que ele possa se engajar nas discussões que vão acontecer na aula presencial sobre o tópico trazido pelo docente, seja esclarecendo dúvidas próprias ou de colegas, compartilhar experiências ou resolver problemas.

O contato antecipado (learn before lecture [4]) com a informação antes da aula significa que ela não será inédita para o aluno quando houver a aula presencial. Dessa forma, a aula será um novo contato com a informação, servido como revisão e também possibilitando o preenchimento de lacunas no

entendimento que surgiram durante o contato antecipado. Essa abordagem aumentou, de forma significativa, a performance dos alunos em um curso de Introdução à Biologia [4], além de corroborar com a tese de que a participação ativa dos alunos em sala de aula tem impacto positivo sobre o aprendizado.

A disponibilização das informações pode ser feita através de textos (capítulos de livros, resumos e leituras online) ou videoaulas sobre o tópico de interesse, não havendo diferença significativa entre essas duas formas com relação ao impacto no desempenho [4].

Assim sendo, é preferível que o espaço em sala de aula promova experiências práticas que fomentem um ambiente de aprendizado ativo, ou seja, em que o aluno não apenas terá contato com a informação, mas também terá que questioná-la, refletir sobre ela e pensar de forma crítica para alcançar o êxito no objetivo de aprendizado proposto pelo plano pedagógico.

3. 3 - Efeito dos testes (Testing Effect)

O efeito dos testes (do inglês Testing Effect) diz respeito à tendência em ser mais eficaz para a retenção fazer um teste sobre um determinado assunto do que estudá-lo mais de uma vez [5-9]. Nesse sentido, testes servem tanto para avaliar o aprendizado quanto para promover-lo. As causas para tal efeito ainda devem ser investigadas [9].

No contexto de uso de testes como ferramenta pedagógica existem algumas modalidades, dentre as quais é possível destacar os testes focados em recordar a informação chamado Recall Testing (abreviado Recall Tests) e os focados em reconhecimento das informações chamado Recognition Testing (abreviado Recognition Tests) [5][7]. Os Recall Tests são, em geral, perguntas cuja resposta é dissertativa e abertas para que o aluno exponha o que sabe sobre o que foi perguntado, sendo o enunciado o único gatilho disponível para a recordação [5]. Já os Recognition Tests são perguntas de múltipla escolha e, devido a isso, tanto o enunciado quanto as próprias alternativas do problema podem servir de gatilho para o aluno reconhecer qual das alternativas é correta, mesmo que não lembre com clareza da resposta [5].

De acordo com alguns estudos [5][7], os Recall Tests, além de gerarem em maior grau o efeito dos testes [6], são mais eficazes do que o Recognition Test na geração de retenção porque demandam mais esforço para lembrar, pois recordar requer ativações em maior grau na rede semântica do cérebro para tornar a lembrança possível [9] e são também mais eficazes do que uma reestudo ou releitura do material [8][10], pois esta seria também um tipo de reconhecimento, com ainda menos ativações da rede semântica [9]. Assim sendo, cursos focados no aprendizado de fatos, como é o caso da Ciência da Computação, são bons candidatos a explorar o efeito dos testes [5]. A título de exemplo, poderíamos citar um curso sobre Estrutura de Dados e Algoritmos.

Considerando a natureza do tipo de teste, podemos estabelecer alguns pontos positivos e negativos: os Recognition Tests são mais rápidos de serem corrigidos (i.e. feedback mais rápido),

porém tende a não acessar tão bem quanto o estudante se recorda [5], visto que oferece mais gatilhos para a lembrança do que uma versão baseada em recordação [6]. Por outro lado, os Recall Tests são mais eficazes em gerar retenção no longo prazo e a avalia-la, porém demanda mais tempo para correção (i.e. feedback mais demorado). Tanto os testes focados em recordação (Recall Tests) quanto os focados em reconhecimento (Recognition Tests) não garantem ser capazes de avaliar o entendimento do aluno sobre as informações apresentadas.

Assim sendo, pode ser adequado uma abordagem híbrida, ou seja, com questões tanto dissertativas quanto de múltipla escolha. As questões dissertativas, para que sejam capazes de melhor avaliar o entendimento, devem ser questões de transferência, que caracteriza o chamado Transfer Tests [8]. Transfer Tests são aqueles em que a resposta não é imediata a partir do enunciado, requerendo do aluno a capacidade de transferir seu conhecimento prévio para a situação apresentada, consistindo, por exemplo, na resolução de problemas inéditos, os quais pode envolver diagnóstico de algum problema (e.g. o que há de errado com o código fornecido); modificação da solução para alcançar determinado objetivo (e.g. altere o código para ele funcione apenas para números); ou explicação de algum componente, etapa ou passo [8].

O efeito dos testes também está presente nos Transfer Tests, de modo que este tipo acarreta em uma maior proporção de acertos em comparação com reestudo do material em Recall Tests intervalados (uma semana), embora para Recall Tests feitos de imediato após o contato com a informação (cinco minutos) o reestudo gere melhores resultados [8]. Já para Transfer Tests, praticar a transferência resulta em melhores resultados em proporção de acertos que o reestudo tanto para o cenário imediato (cinco minutos) quanto para o cenário intervalado (uma semana). Por fim, para Recall Tests, praticar a retenção gera melhores resultados que praticar a transferência, porém para Transfer Tests, praticar a transferência gera melhores resultados que praticar a retenção [8].

3. 4 - Blocos de Codificação e Memória de Trabalho (Chunks and Working Memory)

A memória de trabalho armazena as informações que precisamos para os processos cognitivos no momento atual. Porém, a quantidade dessas informações que são armazenadas é limitada [11]. Além disso, em um determinado momento, apenas um subconjunto dessas informações receberá atenção, sendo a quantidade de itens não relacionados passíveis de atenção por vez também limitada [11]. Nesse sentido, aumentar o número de itens alvos de atenção por vez diminui a velocidade de acesso, porque um item interfere no outro [11].

Há duas proposições sobre a capacidade de foco [11]: uma em que há um foco mais geral, o qual é capaz de armazenar até quatro itens não relacionados e um foco mais restrito que armazena apenas um item; e outra em que existe apenas um foco flexível que pode ampliar ou restringir o número de itens focados por vez. Assim sendo, ser capaz de selecionar apenas um

subconjunto de informações relevantes e mantê-la na memória de trabalho é crucial para o processamento mental em atividades cognitivas, tais como resolução de problemas e entendimento da linguagem [11]. Além disso, a quantidade de blocos de codificação de informações na memória de trabalho para um adulto jovem está entre 3 e 5 [12]. Isso implica que, de fato, a quantidade de informação que conseguimos manter na mente por vez é limitada [11].

Além da afirmação sobre a limitação da capacidade de armazenamento da memória de trabalho, há duas hipóteses pelas quais a quantidade de blocos seja limitada [12]: a quantidade limitada como fraqueza, pois seria custoso para o cérebro, do ponto de vista biológico, ter uma memória de trabalho grande, no que diz respeito ao processamento de toda a informação armazenada, havendo mais espaço para um item interferir no outro e causar uma lembrança equivocada (e.g. círculo azul e quadrado vermelho sendo lembrados como círculo vermelho e quadrado azul), além da demora para acontecer a ativação de um determinado item; já a segunda hipótese tem a ver com a quantidade limitada como vantagem: as buscas por informações são mais eficientes quando as informações estão armazenadas em blocos de 3.5 itens, em média [12]. Uma lista com 3 itens possui início, meio e fim bem definidos, enquanto que um bloco com 5, por exemplo, acrescenta mais itens ao meio, de modo que quanto mais itens forem adicionados, poderá acarretar em perda de distinção dentro do bloco [12].

3.5 - Revisão (Retrieval and Learning)

Alguns estudos [13-15] trazem à discussão a afirmação senso-comum em educação de que testes, que é uma forma de promover a evocação (do inglês Retrieval), são apenas uma ferramenta para mensurar o conhecimento dos alunos e que o aprendizado só acontece durante as sessões de estudos. Se tal afirmação for verdade, então aumentar o número de sessões de estudos tende a melhorar o aprendizado e a retenção e aumentar ou diminuir as sessões de testes teria um efeito neutro.

De modo investigar a veracidade da afirmação anterior, um estudo propõe que se compare a repetição de estudos e a repetição de testes, de modo a identificar qual produz melhores resultados em termos de retenção [13]. Para isso, foi conduzido um experimento envolvendo evocações corretas de palavras de um idioma para outro. O experimento consistiu em, após acertar uma evocação de uma palavra, ela poderia ser incluída nos reestudos e nos testes subsequentes; apenas nos testes; apenas nos reestudos ou abandonar assim que for feita a evocação correta, sendo esta abordagem a senso-comum, porque deixa de lado a informação após o acerto. Os resultados são os seguintes: com testes inclusos, a taxa de evocação correta foi de 80%, tanto para com reestudo quanto para sem reestudo. Já removendo os testes, a taxa de evocação correta caiu para menos de 40% tanto para com reestudo quanto para sem reestudo. Além disso, foi realizado um teste final de evocação, conduzido uma semana após, nos quais os grupos que tinham os testes inclusos tiveram uma taxa de evocação correta entre 63% e 95%, enquanto que os grupos com os testes

excluídos tiveram uma taxa entre 10% e 60%. Assim sendo, esse experimento demonstrou que testes impactam a aprendizagem e são um fator crítico para promoção da retenção no longo-prazo [13].

Em outro estudo, é trazida a ideia de que uma sessão padrão de estudos consiste em uma alternância entre Estudo (S) e Teste (T), a qual ele chama de STST (Estudo-Teste-Estudo-Teste) [14]. Ele se propõe a investigar variações na abordagem padrão (STST), sendo cada letra uma sessão de 5 repetições daquele tipo: uma consistindo em repetição de testes (STTT) e outra em repetição de estudo (SSST). Os resultados mostraram que STST foi a melhor, embora STTT passou a ser superior à SSST à medida que iam acontecendo as sessões [14]. Isso sugere que testes, diferente da afirmação senso-comum na educação, têm impacto positivo na retenção e no aprendizado [14]. Isso é melhor evidenciado no teste final que aconteceu uma semana depois (longo-prazo): 68% das palavras foram evocadas corretas para STST, 64% para STTT e 57% para SSST. Esses resultados sugerem que testes, de fato, possuem impacto na retenção a longo-prazo e o impacto é maior do que de uma sessão de estudos.

Em um segundo experimento [14], foi investigado outro contexto utilizando uma lista de palavras com as seguintes condições: a chamada padrão, que consiste em alternar estudo e evocação, consistindo em estudar toda a lista, evocá-la por completa, estudar outra vez a lista toda e depois evocá-la toda outra vez (STST); e estudar a lista completa duas vezes consecutivas e em seguida evocar a lista completa duas vezes consecutivas (SSTT). Seguindo os resultados do experimento em que STST obteve os melhores resultados, é esperado que alternar estudo e testes seja a estratégia que produz melhores resultados [14]. Esse contexto foi ampliado ao acrescentar à investigação como diferentes cenários de estudo e de testes influenciam a retenção, nesse caso: só estudar na segunda sessão os itens que não evocou na primeira sessão de testes e nos testes podem ser evocados qualquer item (STSnT); só estudar na segunda sessão os itens que não evocou na primeira sessão de testes e tentar relembrar na segunda sessão de testes só os itens da segunda sessão de estudos (STSnTn) [14]. Durante o experimento, STSnTn obteve o melhor resultado. Porém no teste final conduzido uma semana após, STSnTn perdeu para todos os outros em termos de proporção de itens evocados, tendo STST e STSnT obtidos as maiores proporções de itens evocados, com STSnT ficando um pouco melhor [14]. Isso sugere que não se deve remover de sessões de testes futuros um assunto pelo fato de ter sido evocado com êxito no passado, contrariando a ideia de que, uma vez evocada com êxito, pode deixar aquela informação de lado [14].

Outro estudo propõe a hipótese de que evocação é capaz de produzir aprendizado duradouro e significativo [15]. Para isso, foi conduzido um experimento que consistiu em dividir os participantes em três condições, compreendendo quatro sessões cada envolvendo um texto: as quatro dedicadas a estudo (abreviada SSSS); só a última dedicada à evocação (ou seja, três de estudos, abreviada SSSR) e só a primeira dedicada a estudos (abreviada SRRR), de tal modo que não havia retorno sobre o

acerto entre as sessões [15]. Foi pedido que os participantes estimassem quão bem iria em termos de evocação das ideias presentes no texto. A estimativa sugeriu que quanto mais sessões de estudos, melhor o desempenho. Porém, os resultados são o inverso: quanto menos sessões de estudos e quanto mais de testes, melhor foi o resultado [15]. Desse modo, o estudo sugere que evocar um conhecimento melhora a habilidade do indivíduo de evocá-lo outra vez no futuro, pois a evocação potencializa a codificação da informação na mente [15].

Essas ideias sobre evocação corroboram com o efeito dos testes, que enuncia de que testes promovem mais retenção do que estudar mais de uma vez o tópico [5-10].

4 - Propostas

Dentre as diversas aplicações possíveis dos tópicos abordados no presente trabalho para o ensino de Ciência da Computação, é possível estabelecer um processo em quatro etapas principais, que envolvem proposições sobre testes e estudos, e que servem como guia aos docentes durante a organização do plano de curso. A título de exemplo, suponhamos que o curso em questão seja sobre Estrutura de Dados e Algoritmos (EDA).

A Figura 1 ilustra esse processo e a relação entre as etapas, bem como as proposições que estão por trás de cada etapa.

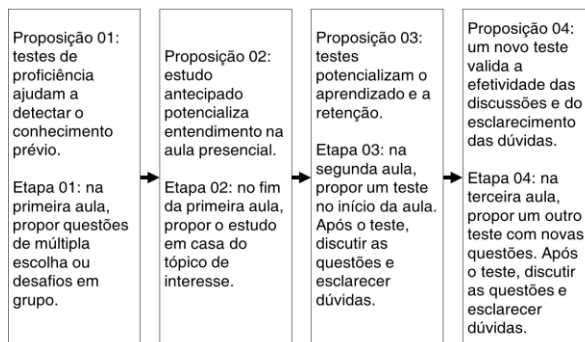


Figura 1 – Etapas do processo e as respectivas proposições que as fundamentam.

4.1 - Proposições sobre Testes

A primeira etapa possui como base a proposição de que testes de proficiência ajudam a detectar o conhecimento prévio dos alunos. Para exemplificar, a aula inicial sobre um tópico pode envolver questões básicas de múltipla-escolha (testes de reconhecimento) de modo a capturar o conhecimento prévio dos alunos, ou ainda propor desafios em grupo com tempo limite para discutir a solução de um problema e apresentar, ao final, a solução encontrada para toda a turma. Em seguida, o docente dedicará um momento para a correção e discussão, ao mesmo tempo que abordar, de forma preliminar, a teoria.

A segunda etapa tem como proposição que o estudo prévio de um tópico antes da aula presencial sobre ele potencializa o

entendimento durante ela. Esse estudo antecipado seria proposto ao final de cada aula para ser feito em casa, que consiste no estudo em casa de através de materiais sobre os tópicos em questão, podendo ser videoaulas, leituras, atividades complementares, resoluções de problemas, projetos etc.

A terceira etapa é caracterizada pela proposição de que testes potencializam o aprendizado e a retenção, pois forçam os alunos a criarem novas conexões sobre um tópico, tornando-os capazes aplica-lo para a resolução de problemas. Eles também servem para identificar lacunas no entendimento. Assim sendo, na segunda aula, será aplicado um teste em que predominará o tópico relativo ao material passado para estudo em casa. Porém, é recomendado abordar tópicos anteriores para estimular os alunos a revisarem eles de forma regular, já que um tópico não deixa de ser importante porque outro está em foco. Além disso, devido à natureza do curso, sugere-se que as questões envolvam desenvolver o código do algoritmo ou estrutura de dados em si ou aplica-los para resolver um problema, levando em conta que isso deve ser feito utilizando uma linguagem de propósito geral (e.g. Java, Python ou C). Após o término do teste, o docente ministrará uma aula e abordará o tópico apresentado no material passado para casa, além de sanar dúvidas, erros comuns e discutir as questões abordadas no teste.

Por fim, a quarta etapa é marcada pela proposição de que aplicar um novo teste sobre o mesmo tópico ajuda a identificar se as dúvidas sanadas e as discussões tiveram impacto sobre o entendimento dos alunos. Para isso, será aplicado um teste no início da terceira aula, tal como na segunda aula, porém com novas questões. Ao final, será dedicado um momento para discussão das questões do teste, dúvidas e equívocos detectados nos testes anteriores.

4.2 - Proposições sobre Aulas

Uma proposição sobre aulas presenciais sugere que elas ajudam a sanar dúvidas e a esclarecer pontos obscuros que não tenham ficado claro no estudo prévio por conta própria. Além disso, cada aula é acompanhada de uma “Fichas de Lembrança”, que consiste em um resumo manuscrito (dificultar plágio e cópia da internet) escrito pelos alunos, em até quinze linhas, sobre os pontos mais importantes apresentados na aula do dia (e.g. que receberam maior ênfase pelo professor), o que entenderam da aula do dia, além de quais pontos precisam de maior esclarecimento. Ao final, vão enviar esse resumo da forma que o docente achar conveniente (e.g. colocar foto em uma pasta de resumos ou como anexo em um email). Por fim, temos uma proposição relativa à promoção de discussão sobre os erros mais comuns cometidos ao longo dos testes, que se supõe fortalecer a clareza e o entendimento sobre um tópico.

5 - Discussão

5.1 - Sobre Avaliações e Testes

A aplicação dos testes mencionados tem por função promover o efeito dos testes (do inglês Testing Effect) [5-10]. Esses efeitos podem ser alcançados tanto através de Recognition Tests (e.g. questões de múltipla-escolha), de Recall Tests (e.g. questões discursivas) quanto através de Transfer Tests (e.g. resolver um problema ou identificar problemas).

Para testes de proficiência, ele ser de reconhecimento pode ser adequado, visto que há mais gatilhos que facilitam encontrar a resposta correta, além de cumprir o objetivo pedagógico de servir como apresentação preliminar do tema, extração do conhecimento prévio e direcionar o docente à abordagem pedagógica mais apropriada, embora esse tipo de teste seja o menos eficaz em promover retenção através do efeito dos testes, como [referências] demonstram.

Entretanto, os testes de proficiência podem ser conduzidos através de desafios em grupos, consistindo na resolução de problemas. Esse seria um exemplo de Transfer Test, que tende a ser mais eficaz que os Recognition Tests em promover retenção através do efeito dos testes. Todavia, podem fugir do objetivo pedagógico de ser uma apresentação ao conteúdo e capturar o que o aluno se recorda do tópico em questão.

Já testes cumulativos, que compreendem os materiais estudados em casa e tudo o que foi discutido em sala, poderiam conter questões do tipo Recognition Test (e.g. múltipla-escolha), do tipo Recall Test (e.g. questões discursivas) ou do tipo Transfer Test (e.g. resolver um problema com resposta discursiva). Devido à natureza dos tipos das questões, uma abordagem híbrida facilita a correção pelo docente, o que possibilita aos alunos terem acesso mais depressa ao próprio desempenho e, se necessário, ajustarem suas rotinas de estudos para cumprirem os objetivos pedagógicos.

Por outro lado, diferente dos testes de proficiência, os testes cumulativos possuem outra dimensão além da do efeito dos testes. A outra seria da evocação que está associada à reconstrução de uma lembrança sobre uma informação na mente do aluno. O aspecto cumulativo, além de incentivar a revisão, é, por si só, uma forma de desassociar a ideia de que só se aprende durante os estudos e promover a ideia de que testes são úteis para promover a retenção e o aprendizado tanto quanto o estudo [13-15], além de ir contra a abordagem ineficaz de deixar de lado um assunto só porque já o evocou com êxito [13]. Nesse sentido, os testes cumulativos possuem a proposta de incentivar a revisão de assuntos vistos, embora não garantam que os alunos vão fazê-la. Dessa forma, é importante que o professor ressalte a importância da revisão a cada aula, como meio para o alcance dos objetivos pedagógicos de aprendizado.

Esse modelo proposto se assemelha à abordagem padrão de estudos (Estudo-Teste-Estudo-Teste ou STST) [14], sendo a mais eficaz por promover um equilíbrio entre estudos e testes, este, diferente do que se pensa, fator decisivo para a aprendizagem e a retenção no longo prazo [13-15], sem deixar de mencionar o efeito dos testes, que está associado à tendência de testes sobre um determinado tópico serem mais eficazes para gerar retenção do que um reestudo [5-10].

Por fim, temos que a Ficha de Lembranças, que será manuscrita, vai abordar o que foi discutido em cada aula

presencial. Ela tem como base o efeito dos testes [5-10], em particular, os Recall Tests, visto que exercitará a lembrança sobre o que foi abordado durante a aula. Também terá elementos de Transfer Tests, já que requer do aluno o processamento do que foi visto e que este escreva com suas próprias palavras e a partir do próprio entendimento. Terá ainda a dimensão da revisão na medida que é necessário lembrar o que foi visto na aula do dia. Um ponto negativo seria a subjetividade durante a correção, já que certo ou errado se aplicaria ao que foi entendido pelo aluno (se ele colocou uma informação correta) e não a quão profundo foi o entendimento.

5. 2 - Sobre o Estudo em Casa

Delegar o estudo dos materiais para casa (i.e. antes da aula presencial) tende a aumentar o desempenho dos alunos, bem como a retenção [4]. O estudo em casa possibilita ao aluno maior controle sobre seu processo de entendimento e aprendizagem, na medida que poderá pausar e assistir quantas vezes quiser, caso seja um vídeo; ou ler e reler, caso seja um texto, além de poder aprofundar o estudo sobre determinado tópico de interesse.

Entretanto, a estratégia apresentada tem como desafio as possibilidades de distrações as quais um aluno está sujeito ao fazer uso da internet para adquirir conhecimento, tais como redes sociais, filmes, séries e vídeos. Uma forma de amenizar o efeito das distrações é sugerir que os alunos dediquem blocos de tempos específicos para se concentrar naquilo que precisam aprender. A título de exemplo, seria possível recomendar que o aluno interagisse com o material de estudo por vinte e cinco minutos e pausasse por cinco minutos entre cada sessão de estudos.

5. 3 - Sobre Aulas e Discussões Pós-Testes

As aulas tendo como foco a discussão dos problemas dos testes, esclarecimento de dúvidas sobre o material estudado em casa, bem como discussões, tornam elas centradas no aluno e, portanto, pertencente à categoria de aprendizagem ativa [2-3]. Também é importante considerar que, uma vez que as questões são discutidas, a teoria por trás será abordada de forma direta ou indireta, o que funciona como uma forma de revisão sobre o tópico em questão, que é importante para o aprendizado [13-15]. Como complementação a isso, tem-se a Ficha de Lembranças, que também servirá como uma ferramenta para promover a revisão.

Porém, as aulas possuem um momento para exposição teórica sobre os materiais passados para estudo em casa, além de discussões. É relevante considerar qual será a densidade de informação apresentada, já que a quantidade de informações que a memória de trabalho consegue armazenar por vez é limitada [11-12]. Nesse sentido, é válido refletir sobre a proporção de tempo da aula alocado à exposição teórica e quanto tempo seria suficiente para realização dos testes, discussão das questões, tirar dúvidas e discussão teórica.

Sobre esse modelo de aula, apesar de ser focado no aluno, ou seja, ter como foco a participação ativa deles, é possível elencar alguns potenciais problemas, tais como: tempo insuficiente para

uma discussão em um nível de profundidade não superficial, pois a maior parte do contato do aluno com a informação será delegado para casa; a aula terá diversos objetivos pedagógicos, de modo que um pode atrapalhar o outro, na medida em que uma das etapas demorou mais do que o tempo previsto; e alunos que, porventura, não entenderam a teoria por conta própria vão experimentar dificuldades durante a aula presencial, seja na hora do teste ou da discussão das questões, já que a etapa de esclarecimento de dúvidas é posterior a essas duas.

Algumas soluções podem ser propostas para amenizar os efeitos dos problemas apontados. Com relação à realização dos testes sem ter esclarecido as dúvidas, seria possível deslocar a etapa de esclarecimento de dúvidas sobre o material estudado em casa para antes do início dos testes. Já sobre o problema da superficialidade da abordagem dos conteúdos na aula presencial, o docente poderia gravar videoaulas aprofundando o que achar apropriado. Por fim, para o problema envolvendo a duração de cada momento, o docente pode coletar as dúvidas mais comuns sobre um determinado assunto e gravar videoaulas ou escrever um artigo esclarecendo-as e enviar aos alunos, de modo que o tempo da aula seja dedicado a dúvidas mais pontuais e específicas.

Também é válido ressaltar que o tamanho da turma é um fator importante na adoção das proposições apresentadas. A instrução de um grande número de discentes possui desafios com relação ao fornecimento de feedback dos testes (i.e. pode demorar, pois a turma é grande), o tipo de testes utilizado (e.g. questões múltipla-escolha facilitam correção, enquanto que discursivas dificultam), bem como a heterogeneidade (e.g. diferentes graus de conhecimento prévio). Os desafios supracitados devem ser considerados durante a consideração de quais proposições serão incorporadas para formulação do plano pedagógico.

6 - Conclusão e Trabalhos Futuros

No presente trabalho abordamos alguns conceitos da área da psicologia relativos à aprendizagem, funcionamento da mente e da memória. Utilizamos eles para elaborarmos proposições que são úteis ao ensino de Ciência da Computação, em especial, para o ensino dos tópicos relativos à Estrutura de Dados e Algoritmos (EDA). Discutimos ainda algumas limitações relativas às proposições formuladas.

Como trabalho futuro, será utilizado as proposições formuladas será realizado um experimento de utilização das proposições em uma disciplina de Introdução a EDA (Introdução à Programação na UFCG) e que seja feito um estudo comparativo entre o modelo tradicional e o modelo proposto, em especial, para avaliar a retenção no longo-prazo, através de um teste ao final do período letivo. Outra possibilidade diz respeito à experimentação das proposições no ensino de outros cursos, como Banco de Dados, Redes de Computadores, entre outros.

REFERENCES

[1] Fritze, Yvonne, and Yngve Troye Nordkvælle. "Comparing lectures: Effects of the technological context of the studio." *Education and Information Technologies* 8.4 (2003): 327-343.

[2] Prince, Michael. "Does active learning work? A review of the research." *Journal of engineering education* 93.3 (2004): 223-231.

[3] Freeman, Scott, et al. "Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111.23 (2014): 8410-8415.

[4] Moravec, Marin, et al. "Learn before lecture: a strategy that improves learning outcomes in a large introductory biology class." *CBE—Life Sciences Education* 9.4 (2010): 473-481.

[5] McDaniel, Mark A., et al. "Testing the testing effect in the classroom." *European Journal of Cognitive Psychology* 19.4-5 (2007): 494-513.

[6] Carpenter, Shana K., and Edward L. DeLosh. "Impoverished cue support enhances subsequent retention: Support for the elaborative retrieval explanation of the testing effect." *Memory & cognition* 34.2 (2006): 268-276.

[7] Rowland, Christopher A. "The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect." *Psychological Bulletin* 140.6 (2014): 1432.

[8] Johnson, Cheryl I., and Richard E. Mayer. "A testing effect with multimedia learning." *Journal of Educational Psychology* 101.3 (2009): 621.

[9] Carpenter, Shana K. "Cue strength as a moderator of the testing effect: the benefits of elaborative retrieval." *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 35.6 (2009): 1563.

[10] Agarwal, Pooja K., et al. "Examining the testing effect with open-and closed-book tests." *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition* 22.7 (2008): 861-876.

[11] Oberauer, Klaus, and Laura Hein. "Attention to information in working memory." *Current Directions in Psychological Science* 21.3 (2012): 164-169.

[12] Cowan, Nelson. "The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why?." *Current directions in psychological science* 19.1 (2010): 51-57.

[13] Karpicke, Jeffrey D., and Henry L. Roediger. "The critical importance of retrieval for learning." *science* 319.5865 (2008): 966-968.

[14] Karpicke, Jeffrey D., and Henry L. Roediger III. "Repeated retrieval during learning is the key to long-term retention." *Journal of Memory and Language* 57.2 (2007): 151-162.

[15] Karpicke, Jeffrey D. "Retrieval-based learning: Active retrieval promotes meaningful learning." *Current Directions in Psychological Science* 21.3 (2012): 157-163.